

CONTART 2018: VII Convención de la Edificación  
30 mayo - 1 junio 2018; Zaragoza (Spain): Colegio Oficial de  
Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Zaragoza. Escuela  
Universitaria Politécnica de La Almunia, p.234-239

023

## **ESTUDIO Y CARACTERIZACIÓN DE LOS ÁRIDOS RECICLADOS PROCEDENTES DE PIEZAS PREFABRICADAS PARA LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL**

CENALMOR SÁEZ, MARÍA DEL MAR<sup>1</sup>; ESTÉVEZ RUIZ, DANIEL<sup>2</sup>;  
GONZÁLEZ GASCA, CARMEN<sup>3</sup>; CABALLERO MONTES, JOSÉ ANTONIO<sup>4</sup>

<sup>1</sup> CPIFP Corona de Aragón, Zaragoza, España

E-mail: mariadelmar.cenalmor@gmail.com

<sup>2</sup> OCAICP, Zaragoza, España

E-mail: daniel.estevez@td-management.es

<sup>3</sup> Universidad Europea, Madrid, España

E-mail: mcarmen.gonzalez@universidadeuropea.es

<sup>4</sup> Universidad Europea, Madrid, España

**PALABRAS CLAVE:** árido reciclado, hormigón prefabricado, reutilización, sostenibilidad.

### **RESUMEN**

Los procesos de fabricación deben ser pensados y diseñados sabiendo que el material va a ser, en algún momento de su vida, reciclado y usado posteriormente como materia prima, y es por ello que debe fabricarse desde el inicio pensando en esta cualidad nueva, y si no es posible hacerlo quedará relegado por otros que sí la posean. Debemos llegar al extremo de considerar los residuos como materia prima, con cualidades perfectamente válidas para poder ser empleados como tales, y cumplir con el concepto “cradle to cradle”, ya planteado en 2010 por Michael Braugant y Willian McDonough [3].

En este trabajo se plantea el uso de un árido más específico que el usado procedente de la demolición de estructuras de hormigón estudiado en contadas ocasiones [1], se plantea el

uso del árido procedente de piezas prefabricadas de hormigón que pasan a ser desechadas [2].

En las plantas de prefabricación, el residuo generado a partir de las piezas que no pasan el control de calidad llega a ser aproximadamente el 5% de la producción. Haciendo la consideración de que la producción de piezas prefabricadas en España está en torno al 22% de la producción total de hormigón, es indudable que merece la pena realizar el estudio que permita determinar la posibilidad de reutilizarlo como materia prima en la realización de nuevas piezas dentro de la misma fábrica.

Siguiendo los pasos del trabajo expuesto en el “Estudio Experimental sobre Propiedades Mecánicas del Hormigón Reciclado con Áridos Procedentes de la no Calidad en Prefabricación, desarrollado por D. Jose Ángel Pérez Benedicto. En la presente comunicación se expone como se ha procedido a la caracterización del árido procedente del machaqueo de piezas prefabricadas que no han superado controles de calidad. Como árido de referencia se procede a ensayar un árido calizo, como árido más comúnmente utilizado en la fabricación de hormigones. Los dos tipos de árido se analizan frente a las diferentes exigencias marcadas en la normativa vigente en España, la “Instrucción de hormigón estructural (EHE-08) según Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio.

Tras la realización de los diferentes ensayos se concluirá que las características del árido reciclado cumplen con las exigencias establecidas con la normativa.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los residuos de construcción y demolición (RCD) fueron declarados por la Comisión europea en 1996 como “flujo de residuos prioritario” debido a su elevada tasa de producción y por su viabilidad técnica y económica de su reciclaje, sin embargo, España con una cifra de producción cercana a los 40 millones de toneladas al año, es uno de los países europeos que menos recicla, aproximadamente un 15 % de su producción frente a una media europea de más del 50 % con países como Holanda y Alemania que alcanzan el 80% y el 90% [3].

La publicación del Real Decreto 105/2008, de 1 de Febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición, y la Resolución de 20 de enero de 2009, por el que se aprueba el Plan Nacional Integrado de Residuos 2008-2015, y Planes Regionales en las diferentes Comunidades autónomas, [4] suponen el inicio de una política medioambiental orientada a la correcta gestión de residuos, estableciendo medidas para su reciclado y minimización. Este Plan persigue el objetivo de que todos los Estados miembros adopten medidas que, garanticen que antes del 2020, el 70 % de los productos no peligrosos procedentes de la construcción y demolición sean destinados a operaciones de reciclado y reutilización, en especial, se fomenta la reutilización de áridos reciclados, con la intención de que para el año 2015, se alcance el 35% de reciclado de RCD. A nivel estatal, los aspectos técnicos y medioambientales sobre el uso del árido reciclado quedan recogidos en las normativas técnicas, con la publicación de las múltiples órdenes de Ministerio de Fomento de actualización de los artículos del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para las Obras de Carreteras y Puentes (PG3) Y con la aprobación de la nueva Instrucción de Hormigón Estructural (EHE -08) suplementada con los anejos 13 y 15, basadas en la investigaciones llevadas a cabo por el proyecto RECHNOR, que concretan y subscriben el empleo del árido reciclado en la fabricación del hormigón.

En diciembre de 2010, se presenta la “Guía Española de Áridos Reciclados procedentes

de RCD”. El proyecto fue liderado por el Gremio de Entidades del Reciclado de Derribos GERD, en el que participaron, además de AITEMIN, 7 centros tecnológicos, universidades y 24 empresas de reciclado, realizando un gran esfuerzo de investigación, coordinación y experimentación directa para establecer una caracterización técnica y estandarizar el uso del árido reciclado procedente del proceso de reciclado de los residuos de construcción y demolición.

El uso de RCD para la fabricación de hormigón es muy escaso en España, aun así se ha utilizado tanto para hormigón estructural como para hormigón en masa en algunas construcciones.

## **2. DESARROLLO/METODOLOGIA**

### **2.1 Objetivo**

La finalidad de este trabajo es analizar las propiedades físicas y químicas de los áridos reciclados procedentes de la trituración de piezas prefabricadas de hormigón, para comprobar su viabilidad de uso como árido para la elaboración de hormigón estructural.

### **2.2 Procedimiento**

La obtención de las características y viabilidad del empleo de los áridos reciclados procedentes de piezas prefabricadas, para la elaboración de hormigones estructurales se ha llevado a cabo a partir de la comparación respecto a otros áridos que actualmente son usados en construcción. En el caso de este plan experimental, contrastaremos y analizaremos los resultados obtenidos a partir de una serie de ensayos prescritos en la instrucción EHE-08 artículo 28 y anejo 15 realizados a los áridos reciclados y a los áridos calizos.

Los áridos reciclados sometidos a estudio proceden de piezas prefabricadas ejecutadas con hormigones que han llevado un control de calidad en su fabricación. La misma fábrica que se encarga de la producción, es también la que posteriormente se encarga de la trituración de las piezas por lo que no existe un posible contacto externo que contamine los áridos reciclados.

El objetivo de esta investigación es la obtención de datos acerca del comportamiento de los áridos cuando son sometidos a ensayos normalizados.

Se procede a recopilar la normativa y a planificar los ensayos a realizar. Se obtiene el material y se procede al ensayo de los áridos reciclados y de los áridos calizos con lo que se podrá comparar resultados.

Una vez realizados los ensayos necesarios a los áridos se procederá a la elaboración de hormigón según las dosificaciones requeridas para la obtención de un hormigón de consistencia seca. Se fabricarán probetas con distintas proporciones de árido reciclado y árido calizo.

### **2.3 Procedencia de los áridos**

El árido reciclado procede de la trituración de piezas prefabricadas desechadas por la no calidad en su fabricación. Las piezas en cuestión tendrían un destino inicial en ingeniería civil y construcción. Estos áridos reciclados proceden de la fábrica de Tubos Borondo que

se encuentra en Valdilecha en la Comunidad de Madrid. En el laboratorio se ha realizado un cuarteo del árido reciclado para que la muestra sea lo más homogénea posible y así poder realizar una granulometría representativa de todo el árido acopiado

El árido calizo procede de la cantera de Monte Orusco, que se encuentra en Orusco de Tajuña en la Comunidad de Madrid. Figura 1.



Figura 1 Cuarteo del árido reciclado, fotografías propias..

### 1.1 Ensayos realizados

En los siguientes sub-apartados se desarrollaran los ensayos realizados a los áridos y arenas necesarios para conocer sus características. Todos los ensayos se han realizado a los áridos reciclados y para poder comparar su comportamiento o características con otro árido comúnmente más utilizado en construcción, se han realizado también ensayos a la caliza.

Todos los ensayos se han realizado siguiendo lo dispuesto en las normas de ensayo.

Los ensayos realizados para el estudio de áridos son los siguientes:

- |                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| • Granulometría                       | • Partículas de peso específico $< 2 \text{ g/cm}^3$ |
| • Módulo granulométrico               | • Resistencia a la helada                            |
| • Terrones de arcilla                 | • Coeficiente de forma                               |
| • Partículas blandas                  | • Cantidad de mortero adherido                       |
| • Resistencia al desgaste de la grava | • Desclasificados del hormigón                       |
| • Densidad y absorción de agua        | • Finos que pasan por el tamiz 0,063 mm              |

A continuación en la Tabla 1, se exponen los resultados obtenidos tras la realización de los ensayos enumerados en el apartado anterior al árido reciclado y al árido calizo.

Tabla 1

Ensayos realizados	Árido reciclado resultados	Árido calizo resultados	Prescrito EHE-08 Árido grueso
Densidad $\rho_a$ (g/cm <sup>3</sup> )	2,64 (24h sum) 2,68 (10' sum)	2,77	2
Densidad $\rho_{rd}$ (g/cm <sup>3</sup> )	2,29(24h sum) 2,35(10' sum)	2,68	2
Densidad $\rho_{ss}$ (g/cm <sup>3</sup> )	2,42(24h sum) 2,47(10' sum)	2,71	2
Granulometría (mm)	4/12,5	4/12,5	-
Absorción de agua (%)	5,74 (24h sum) 5,42 (10' sum)	2,17	5% - 100 %AR 7% - <20%AR
Módulo (%) granulométrico	6,4	6,7	-
Terrones de arcilla (%)	0,20	0,10	0,25
Partículas blandas (%)	3	-	5
Ensayo de impacto SZ (%)	8,86	9,28	-
Resistencia helada (%)	13,5	-	18
Coeficiente de forma (%)	6	4	35
Mortero adherido (%)	40	-	-
Finos tamiz 0,063mm (%)	1,1	0,5	1

### 3. CONCLUSIÓN

Según los datos obtenidos en los diferentes ensayos se observa como los áridos reciclados cumplen todos los parámetros marcados en la EHE-08, salvo la absorción de agua.

Como conclusión más relevante del procedimiento experimental realizado hay que resaltar que según establece la norma EHE-08. Esta limita el uso de árido reciclado en hormigones en un 20% debido a la absorción de agua, en nuestro ensayo los áridos reciclados alcanzan un 5,7%, por lo que sobrepasa el 5% prescrito en la EHE-08. Sin embargo existen normativas Europeas que superan el % a valores del 7%, favoreciendo el uso del árido reciclado para la fabricación de hormigón estructural.

Por otra parte se debe tener en consideración que la calidad de los áridos reciclados mejora considerablemente si estos son sometidos a un proceso de lavado que elimine los finos adheridos a la superficie de las partículas reduciendo la demanda de agua a la hora de fabricar hormigón.

Cabe destacar que la calidad del árido reciclado aumenta a medida que disminuye la cantidad de mortero adherido, por lo que resulta interesante cualquier línea de investigación una solución o propuesta de mejora para la eliminación de mortero. Una forma es la trituración del árido que cuanto más agresiva sea, más mortero eliminará y más se parecerá el árido reciclado a su respectivo árido natural o de machaqueo.

Este estudio promueve la utilización de los áridos reciclados ensayados dada la mayor calidad de los áridos reciclados procedentes de prefabricados de hormigón, por su granulometría muy seleccionada del árido y la ajustada relación agua-cemento.

No existe mucha información sobre áridos procedentes de piezas prefabricadas, siendo casi toda la información de RCD.

#### 4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Aguilar Rondón Julio, Mendoza D Nieves, Fuertes Ricardo Huete, González Begoña Blandón, Gilmore A. Terán, Ramírez RP. “Caracterización del hormigón elaborado con áridos reciclados producto de la demolición de estructuras de hormigón”. *Materiales de construcción* 2007(288):5-15.
- [2] Jose Angel Pérez Benedicto. “Estudio Experimental sobre Propiedades Mecánicas del Hormigón Reciclado con Áridos Procedentes de la no Calidad en Prefabricación. Junio 2011
- [3] Michael Braungart y William McDonough. “De la cuna a la cuna “ (Cradle to Cradle).
- [4] Asociación Española de Gestores de Residuos de Construcción y Demolición. GERD.” Guía Española de Áridos Reciclados Procedentes de residuos de construcción demolición RCD”; 2010.
- [5] Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. CEDEX. “Ficha técnica sobre residuos de la construcción y demolición. 2010”.
- [6] Domingo A., Lázaro, C., Gayarre, F., Serrano M. y López-colina C. “Long-term deformations by creep shrinkage in recycled aggregate concrete” *materials and structures*”, 2009.